



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 7月 7日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-207494

出 願 人

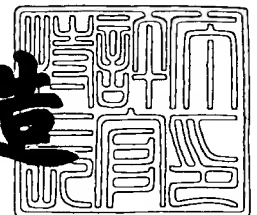
Applicant(s):

日本電信電話株式会社

2001年 8月 3日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3067826

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH125168

【提出日】 平成12年 7月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/01  
G02F 2/00  
G05D 25/00

【発明の名称】 多波長一括発生装置

【請求項の数】 17

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 藤原 正満

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 手島 光啓

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 荒谷 克寛

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 鈴木 謙一

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077481

【弁理士】

【氏名又は名称】 谷 義一

【選任した代理人】

【識別番号】 100088915

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 和夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013424

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701393

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 多波長一括発生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 単一の中心波長を有する入射光を所定周期の信号電圧を用いて変調し、複数の中心波長を有する多波長光を一括して発生して出力する多波長一括発生装置であって、

互いに直列に結合しており前記入射光が入力される光パスを含んだ複数の光パスと、前記複数の光パスの所定位置に配置された一つ以上の光変調手段とを持った変調部と、

前記信号電圧を独立に調整して前記変調部の前記光変調手段の入力ポートに印加する複数の電圧印加手段とを備え、

前記調整されて印加された信号電圧と前記所定周期に応じて前記入射光を平坦化した前記多波長光を発生することを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の多波長一括発生装置において、

前記光変調手段の少なくとも一つは振幅変調器であることを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の多波長一括発生装置において、

前記少なくとも一つの振幅変調器は、同時に位相変調器として動作することを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 4】 請求項 2 または 3 に記載の多波長一括発生装置において、

前記変調器内部の前記複数の光パスはさらに互いに並列に結合した複数の光パスを有し、当該並列な複数の光パスの少なくとも 1 つに前記光変調手段が配置され、前記複数の光パスが協働することによって振幅変調動作を行うことを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の多波長一括発生装置において、

前記光変調手段は、前記並列な複数の光パスが前記変調部内の一光パスを二つに分岐してから一つに収束させる構成とされ、分岐されたパスの少なくとも一方に光変調手段が配置され、前記分岐されたパスが協働することによって振幅変調動作を行うマッハツェンダ強度変調器であることを特徴とする多波長一括発生装置

【請求項 6】 請求項 5 に記載の多波長一括発生装置において、  
前記光変調手段は、前記マッハツェンダ強度変調器を一つだけ備えることを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 7】 請求項 2 または 3 に記載の多波長一括発生装置において、  
前記光変調手段は電界吸収型強度変調器であることを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 8】 請求項 2 ないし 7 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、

前記光変調手段にバイアスを印加する手段であって、そのパワーを独立に可変して前記バイアスを印加するバイアス手段を備えたことを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 9】 前記変調部は二段の前記光変調手段を備え、一段は振幅変調器であり、別の一段は位相変調器であることを特徴とする請求項 2 ないし 5、または 7 または 8 のいずれかに記載の多波長一括発生装置。

【請求項 10】 請求項 6 に記載の多波長一括発生装置において、  
前記所定周期の信号電圧を逡倍する手段を備え、  
前記逡倍した信号電圧を前記複数の電圧印加手段の少なくとも一つによって調整して前記変調部に印加することを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 11】 請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、

前記所定周期の信号電圧を正弦波として発生する信号発生手段を備えたことを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 12】 請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、

前記所定周期の信号電圧を所定の時間波形として発生する信号発生手段を備えたことを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 13】 請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、

独立に調整される前記信号電圧の時間位置を調整する位相調整手段を前記複数の電圧印加手段のいずれかに設けたことを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 1 4】 請求項 8 ないし 1 3 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、

前記変調手段の入力位置に配置されて前記入射光を分岐する第 1 分岐手段と、  
前記分岐された入射光を入射されて前記変調手段に入力し、かつ前記変調手段からの出力光を次段に出力する第 2 分岐手段と、

前記変調手段を介して前記第 1 分岐手段に入射された前記分岐された入射光をモニタする手段と、

前記分岐された入射光が入射された前記変調手段に印加するバイアスを前記モニタした結果に基づいてコントロールする手段と

を備えたことを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 1 5】 請求項 8 ないし 1 3 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、

前記変調手段の出力位置に配置されて前記変調手段からの出力光を分岐する分岐手段と、

前記分岐された出力光をモニタする手段と、

前記出力光を出力した前記変調手段に印加するバイアスを前記モニタした結果に基づいてコントロールする手段と

を備えたことを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 1 6】 請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、

それぞれが異なる単一の中心波長を有する複数の入射光を多重し、当該多重光を前記変調部の一段目の光変調手段に入射させる多重手段をさらに備えたことを特徴とする多波長一括発生装置。

【請求項 1 7】 請求項 1 6 に記載の多波長一括発生装置において、

前記複数の入射光は所定間隔の周波数配置とされており、

前記多重手段は、周波数軸上で前記複数の入射光を一つ置きに入射して多重する第 1 多重手段と、前記複数の入射光の残りを一つ置きに入射して多重する第 2

多重手段とを有し、

前記変調部は、前記第 1 多重手段からの前記多重光を変調する第 1 変調部と、  
前記第 2 多重手段からの前記多重光を変調する第 2 変調部とを有し、

さらに、前記第 1 変調部からの出力光を前記それぞれ異なる単一の中心波長毎  
に分波して合波する第 1 合分波手段と、

前記第 2 変調部からの出力光を前記それぞれ異なる単一の中心波長毎  
に分波して合波する第 2 合分波手段と、

前記第 1 合分波手段による前記一つ置き成分を持った合波光と前記  
第 2 合分波手段による前記残りの一つ置き成分を持った合波光とを合  
波する手段とを備えた

ことを特徴とする多波長一括発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信の技術分野に係り、単一の中心波長を有する光から複数の中  
心波長を有する多波長光を一括して発生させる装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、光通信において、波長多重信号 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) に使用する平坦な光スペクトルを有する多波長一括発生法として、非線型光ファイバ透過による Supercontinuum 発生により得られた平坦化連続光スペクトルを光フィルタで切り出す手法や、光短パルス発生により得られた光パルスの繰り返し周波数間隔で周波数軸上に並んだ光スペクトルを、逆の周波数特性を有する光フィルタに透過させる手法がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、Supercontinuum 発生における平坦化多波長発生法においては、非線型光ファイバの製作は容易ではなく、時間とコストがかかるという

課題があった。また、光短パルス発生により得られた光スペクトルを逆特性光フィルタに透過させる平坦化多波長発生法においては、平坦な光スペクトルを実現するために、光短パルスのデューティと、それに応じた光フィルタの透過特性の設計が困難であるという課題があった。

## 【 0 0 0 4 】

本発明は上記の課題を解決するためになされたもので、複雑な光回路の設計を行うこと無く、単一の中心波長を有する光を特定の繰り返し周期を有する電気信号で変調することにより、簡易かつ低コストな構成で、光スペクトルの平坦化されたWDM信号を発生することができる多波長一括発生装置を提供することを目的とする。

## 【 0 0 0 5 】

## 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために請求項1の発明は、単一の中心波長を有する入射光を所定周期の信号電圧を用いて変調し、複数の中心波長を有する多波長光を一括して発生して出力する多波長一括発生装置であって、互いに直列に結合しており前記入射光が入力される光パスを含んだ複数の光パスと、前記複数の光パスの所定位置に配置された一つ以上の光変調手段とを持った変調部と、前記信号電圧を独立に調整して前記変調部の前記光変調手段の入力ポートに印加する複数の電圧印加手段とを備え、前記調整されて印加された信号電圧と前記所定周期に応じて前記入射光を平坦化した前記多波長光を発生することを特徴とする多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 0 6 】

また、請求項2の発明は、請求項1に記載の多波長一括発生装置において、前記光変調手段の少なくとも一つは振幅変調器である多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 0 7 】

また、請求項3の発明は、請求項1に記載の多波長一括発生装置において、前記少なくとも一つの振幅変調器は、同時に位相変調器として動作する多波長一括発生装置を実施した。



## 【 0 0 0 8 】

また、請求項 4 の発明は、請求項 2 または 3 に記載の多波長一括発生装置において、前記変調器内部の前記複数の光パスはさらに互いに並列に結合した複数の光パスを有し、当該並列な複数の光パスの少なくとも 1 つに前記光変調手段が配置され、前記複数の光パスが協働することによって振幅変調動作を行う多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 0 9 】

また、請求項 5 の発明は、請求項 4 に記載の多波長一括発生装置において、前記光変調手段は、前記並列な複数の光パスが前記変調部内の一光パスを二つに分岐してから一つに収束させる構成とされ、分岐されたパスの少なくとも一方に光変調手段配置され、前記分岐されたパスが協働することによって振幅変調動作を行うマッハツェンダ強度変調器である多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 1 0 】

また、請求項 6 の発明は、請求項 5 に記載の多波長一括発生装置において、前記光変調手段は、前記マッハツェンダ強度変調器を一つだけ備える多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 1 1 】

また、請求項 7 の発明は、請求項 2 または 3 に記載の多波長一括発生装置において、前記光変調手段は電界吸収型強度変調器である多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 1 2 】

また、請求項 8 の発明は、請求項 2 ないし 7 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、前記光変調手段にバイアスを印加する手段であって、そのパワーを独立に可変して前記バイアスを印加するバイアス手段を備えた多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 1 3 】

また、請求項 9 の発明は、前記変調部は二段の前記光変調手段を備え、一段は振幅変調器であり、別の一段は位相変調器であることを特徴とする請求項 2 ないし 5、または 7 または 8 のいずれかに記載の多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 1 4 】

また、請求項 1 0 の発明は、請求項 6 に記載の多波長一括発生装置において、前記所定周期の信号電圧を逡倍する手段を備え、前記逡倍した信号電圧を前記複数の電圧印加手段の少なくとも一つによって調整して前記変調部に印加する多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 1 5 】

また、請求項 1 1 の発明は、請求項 1 ないし 1 0 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、前記所定周期の信号電圧を正弦波として発生する信号発生手段を備えた多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 1 6 】

また、請求項 1 2 の発明は、請求項 1 ないし 1 0 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、前記所定周期の信号電圧を所定の時間波形として発生する信号発生手段を備えた多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 1 7 】

また、請求項 1 3 の発明は、請求項 1 ないし 1 2 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、独立に調整される前記信号電圧の時間位置を調整する位相調整手段を前記複数の電圧印加手段のいずれかに設けた多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 1 8 】

また、請求項 1 4 の発明は、請求項 8 ないし 1 3 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、前記変調手段の入力位置に配置されて前記入射光を分岐する第 1 分岐手段と、前記分岐された入射光を入射されて前記変調手段に入力し、かつ前記変調手段からの出力光を次段に出力する第 2 分岐手段と、前記変調手段を介して前記第 1 分岐手段に入射された前記分岐された入射光をモニタする手段と、前記分岐された入射光が入射された前記変調手段に印加するバイアスを前記モニタした結果に基づいてコントロールする手段とを備えた多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 1 9 】

また、請求項 1 5 の発明は、請求項 8 ないし 1 3 のいずれかに記載の多波長一

括発生装置において、前記変調手段の出力位置に配置されて前記変調手段からの出力光を分岐する分岐手段と、前記分岐された出力光をモニタする手段と、前記出力光を出力した前記変調手段に印加するバイアスを前記モニタした結果に基づいてコントロールする手段とを備えた多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 2 0 】

また、請求項 1 6 の発明は、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の多波長一括発生装置において、それぞれが異なる単一の中心波長を有する複数の入射光を多重し、当該多重光を前記変調部の一段目の光変調手段に入射させる多重手段をさらに備えたことを特徴とする多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 2 1 】

また、請求項 1 7 の発明は、請求項 1 6 に記載の多波長一括発生装置において、前記複数の入射光は所定間隔の周波数配置とされており、前記多重手段は、周波数軸上で前記複数の入射光を一つ置きに入射して多重する第 1 多重手段と、前記複数の入射光の残りを一つ置きに入射して多重する第 2 多重手段とを有し、前記変調部は、前記第 1 多重手段からの前記多重光を変調する第 1 変調部と、前記第 2 多重手段からの前記多重光を変調する第 2 変調部とを有し、さらに、前記第 1 変調部からの出力光を前記それぞれ異なる単一の中心波長毎に分波して合波する第 1 合分波手段と、前記第 2 変調部からの出力光を前記それぞれ異なる単一の中心波長毎に分波して合波する第 2 合分波手段と、前記第 1 合分波手段による前記一つ置きの成分を持った合波光と前記第 2 合分波手段による前記残りの一つ置きの成分を持った合波光とを合波する手段とを備えたことを特徴とする多波長一括発生装置を実施した。

## 【 0 0 2 2 】

## 【発明の実施の形態】

本発明に係る多波長一括発生装置の基本原理について図 1 を参照して説明する。

本発明装置は、互いに直列に結合しており単一の中心波長を有する入射光が入力される光パスを含んだ複数の光パスの所定位置に配置された一つ以上の光変調器を持った光変調器群 2 と、所定周期の信号電圧を独立に調整して各光変調器の

入力ポートに印加する複数のパワー調整器 4 を備える。光源 1 は、上記単一の中心波長を有する入射光を発生する。上記光変調器は、好ましくは入射光の振幅または位相を変調することができる。光変調器群 2 内の複数の光パスは、並列に結合したパスを含んでもよい。

#### 【0023】

ここで、単一の中心波長を有する入射光の振幅および位相に、それぞれ  $a(t)$  および  $b(t)$  なる関数によって変調を加えた時の出力電界  $E(t)$  は、

$$E(t) = a(t) \cos(\omega_c t + b(t))$$

と表され、関数  $a(t)$  および  $b(t)$  に応じて出力光スペクトルの形状を設計することができる。ただし、 $\omega_c$  は単一の中心波長を有する入射光の中心角周波数、 $t$  は時間である。

#### 【0024】

本発明装置では、変調部内の直列および／または並列に結合した光パスの任意の位置に、振幅または位相（もしくはその両方）を変調することのできる光変調器を配置し、光変調器群を構成する光変調器に印加する所定周期の信号電圧のパワーを調節することにより、単一の中心波長を有する入射光の振幅を変調するための関数  $a(t)$  および／また位相を変調するための関数  $b(t)$  を適宜設定することで、以下に詳述する通り、一括して発生される出力多波長光スペクトルの平坦化を図ることができる。

#### 【0025】

なお、光変調器を多段に配置することで、より自由度の高い振幅および位相変調を可能とし、出力光スペクトルの平坦度の向上に寄与するとともに、変調度の増大により出力光スペクトルの広帯域化できる効果が得られる。

#### 【0026】

続いて、具体的な実施形態について説明する。

#### 〔第 1 実施形態〕

本発明に係る多波長一括発生装置の第 1 実施形態の構成を図 2 に示す。

図 2 に示すように、本実施形態の多波長一括発生装置は、光源 1、 $n$  個 ( $\geq 1$ ) の光変調器を含む光変調器群（変調部）2、繰り返し周期信号発生器 3、 $n$  個

のパワー調整器 4、および  $n$  個のパワー可変直流電源 5 から構成される。光源 1 は単一の中心波長を有する光を発生し、これを光変調器群 2 内の入力側光変調器に入射する。光変調器群 2 内の各光変調器は、直列および／または並列に結合した複数の光パスの任意の位置に配置され（図 2 では直列に配置されている）、入射光を振幅および／または位相変調する。出力側光変調器からは多波長光が出力される。

## 【 0 0 2 7 】

繰り返し周期信号発生器 3 は所定周期で繰り返される信号電圧を発生し、このパワーが適宜、パワー調整器 4 によって調節されて各光変調器に印加される。各光変調器にはさらに、必要に応じてパワー可変直流電源 5 が結合され、パワー可変直流電源 5 からの適宜パワーを調節されたバイアスが印加される。各光変調器による入射光の変調動作は上記信号電圧およびバイアスに基づいて行なわれ、入射した光源 1 からの光の振幅および／または位相が変調される。

## 【 0 0 2 8 】

ここで、位相変調によって搬送周波数の両側に広がった出力の光スペクトルは搬送周波数付近に光パワーの小さな領域を持つが、時間波形に振幅変調によってパルス状のゲートをかけることでその領域のパワーを上昇させて出力光スペクトルを平坦化することができる。この出力光スペクトルの平坦度は位相変調量とパルスの時間幅の関係で決定される。本実施形態では、パワー調整器 4 によって光変調器に印加する所定周期の信号電圧を調整し、パワー可変直流電源 5 によって印加するバイアスを可変することで両者の関係を決定し、これにより平坦度が決まる。

## 【 0 0 2 9 】

図 3 および図 4 を参照し、本実施形態の上記構成によって光変調器群 2 からの出力光スペクトルが平坦化可能であることを説明する。

## 【 0 0 3 0 】

繰り返し周期信号発生器 3 による出力信号電圧の時間波形は図 3 (a) のような山型の関数とする。この関数に従って、単一の中心波長を有する光源光を位相変調すると、その多波長出力光スペクトルは図 3 (b) のようになる。これは、

以下のように説明することができる。

### 【 0 0 3 1 】

この位相変調の角周波数は、図 3 (c) に示すように瞬時値  $\omega_m$  と瞬時値  $-\omega_m$  の間を所定周期で往復する方形波である。図 3 (d) の実線に示すように、この方形波の角周波数が瞬時値  $\omega_m$  で表される部分について繰り返しの NRZ (Non Return to Zero) 信号でゲートをかけると、その光スペクトルは図 3 (e) で表され、角周波数が  $(\omega_c + \omega_m)$  を中心とした繰り返しの NRZ 信号の光スペクトルが得られる。また図 3 (f) の実線に示すように、この方形波の角周波数が瞬時値  $-\omega_m$  で表される部分について同様にゲートをかけると、その光スペクトルは図 3 (g) で表され、角周波数が  $(\omega_c - \omega_m)$  を中心とした繰り返しの NRZ 信号の光スペクトルが得られる。

### 【 0 0 3 2 】

これらの光スペクトルの角周波数軸上での重ね合わせは図 3 (e) と図 3 (g) を加算した図 3 (b) で表され、角周波数の瞬時値  $\omega_c$  (中心周波数、つまり搬送周波数) 付近の光スペクトル強度が小さくなり、光スペクトルの平坦化を実現することはできない。

### 【 0 0 3 3 】

そこでパワー調整器 4 とパワー可変直流電源 5 を用いた調整を行なって、以下のように平坦化を行う。

図 4 (a) に示すように、角周波数の瞬時値  $\omega_m$  と一瞬時値  $\omega_m$  を跨ぐように繰り返し NRZ 信号でゲートかけるように調整した場合の出力光スペクトルを考える。

### 【 0 0 3 4 】

これに対して上記と同様に、図 4 (c) の実線に示すように、角周波数の瞬時値  $\omega_m$  で表される部分について繰り返しの RZ (Return to Zero) 信号でゲートをかけると、その光スペクトルは図 4 (d) で表され、角周波数  $(\omega_c + \omega_m)$  を中心とした繰り返し RZ 信号の光スペクトルが得られる。また図 4 (e) の実線に示すように、角周波数の瞬時値  $-\omega_m$  で表される部分について繰り返しの RZ (Return to Zero) 信号でゲートをかけると、そ

の光スペクトルは図 4 (f) で表され、角周波数 ( $\omega_c - \omega_m$ ) を中心とした繰り返し R Z 信号の光スペクトルが得られる。両光スペクトルは、上記の繰り返し N R Z 信号の光スペクトルよりも広い帯域を有する。

## 【 0 0 3 5 】

両光スペクトルの角周波数軸上での重ね合わせは図 4 (b) で表され、角周波数  $\omega_c$  付近においても大きな光スペクトル強度を有することになり、結果として平坦な出力光スペクトルを実現することができる。

## 【 0 0 3 6 】

本実施形態によれば、単一の中心波長を有する光源光の振幅および位相を変調する関数を適宜設定し、これに従って信号電圧のパワー調整とバイアスの可変設定を行なって振幅変調と位相変調を行なうことで、簡易かつ低コストの構成により出力光スペクトルの平坦度を向上できる効果がある。

## 【 0 0 3 7 】

なお、方形波に代わって他の時間波形を用いることもでき、例えば正弦波形状の時間波形を用いることができる。

## 【 0 0 3 8 】

## 〔第 2 実施形態〕

本発明に係る多波長一括発生装置の第 2 実施形態は、図 5 に示すように、光変調器群 2 a 内に並列に結合した光パスを設け、各光パスの少なくとも 1 つ (図 2 では並列結合した複数の光パスのすべて) に光変調器を配置した構成の振幅変調部 2 5 を設けたものである。振幅変調部 2 5 には、入力側光変調器と出力側光変調器が光パスを介してそれぞれ直列に結合される。上記複数の光変調器自体はそれぞれ位相変調器であるが、この振幅変調部 2 5 は、それぞれの光パス (光変調器) が協働することによって振幅変調器として動作することができ、変調動作は、パワー調整された信号電圧およびパワー可変されたバイアスに基づいて行なわれる。

## 【 0 0 3 9 】

## 〔第 3 実施形態〕

本発明に係る多波長一括発生装置の第 3 実施形態の構成を図 6 に示す。

図 6 に示すように、本実施形態の多波長一括発生装置は、単一の中心波長を有する光を発生する光源 1、両極型のマッハツェンダ強度変調器 20、所定周期で繰り返される信号電圧を発生する発振器 3、パワー調整器 4、パワー可変直流電源 5、および位相調整器 6 から構成される。パワー調整器 4 と位相調整器 6 は互いに直列に結合される。

## 【 0 0 4 0 】

なお、両極型のマッハツェンダ強度変調器 20 は、入射光を 2 つの光パスに分岐し、各パスに配置された光変調器からの出力光を合波、収束させて出射する周知の構成を有している。分岐されたパスには各々光変調手段（位相変調手段）が配置される。これら複数の光変調手段は、1 つの要素自体は位相変調手段であるが、協働することによって振幅変調動作を行うことができる。なお、上記のように 2 つの光パスの両方に光変調手段を設けても良いが、いずれか一方に設けても同様の作用が得られる。

## 【 0 0 4 1 】

発振器 3 からの信号電圧はパワー調整器 4 で適宜そのパワーを調節されて、マッハツェンダ強度変調器 20 の一方の電極に印加される。さらにこの信号電圧は、位相調整器 6 によって両者の時間位置を調整され、かつパワー調整器 4 で適宜そのパワーを調節されてマッハツェンダ強度変調器 20 のもう一方の電極に印加される。後者の電極には、パワー可変直流電源 5 からの適宜パワーを調節したバイアスも印加される。

## 【 0 0 4 2 】

光源 1 からの光はマッハツェンダ強度変調器 20 に入射され、マッハツェンダ強度変調器 20 による入射光の変調動作は上記信号電圧およびバイアスに基づいて行なわれ、光源光の振幅および／または位相が変調される。

## 【 0 0 4 3 】

本実施形態では、マッハツェンダ強度変調器 20 は、パワー調整器 4 を介して印加する信号電圧のパワーおよびパワー可変直流電源 5 から印加するバイアスを適宜調節することにより振幅と位相変調を同時に変調できる効果を利用して、簡易な構成を実現している。



## 【 0 0 4 4 】

## 〔第 4 実施形態〕

本発明に係る多波長一括発生装置の第 4 実施形態の構成を図 7 に示す。

図 7 に示す本実施形態の多波長一括発生装置は、第 4 実施形態における発振器 3 に代えて、所定周期で繰り返される信号電圧を発生する発振器として正弦波信号電圧を発生する発振器 3 a を用い、さらにパワー調整器 4 と直列結合した通倍器 7 を備えている。

## 【 0 0 4 5 】

この構成により、マッハツェンダ強度変調器 2 0 の両電極に印加する信号電圧の周波数を変えている。すなわち、一方の電極には通倍器 7 によって発振器 3 a の出力信号電圧の周波数を通倍化して印加し、もう一方の電極には発振器 3 a の出力周波数のまま印加している。

## 【 0 0 4 6 】

本実施形態では、マッハツェンダ強度変調器 2 0 に印加する所定周期で繰り返す信号電圧として単一周波数の正弦波信号を用いたので、発振器 3 a や、当該正弦波信号が入力される電気回路（位相調整器 6 とその後段）を構成する電気的エレメントに要求される周波数帯域を制限することができ、これら電気的エレメントに必要とされるコストを抑えられる効果がある。また、通倍器 7 により信号電圧の周波数を通倍化することにより、出力光スペクトルの広帯域化を図ることができる。

## 【 0 0 4 7 】

## 〔第 5 実施形態〕

本発明に係る多波長一括発生装置の第 5 実施形態の構成を図 8 に示す。

図 8 に示す本実施形態の多波長一括発生装置は、単一の中心波長を有する光を発生する光源 1、互いに直列に結合した単極型マッハツェンダ強度変調器 2 0 と位相変調器 2 8 からなる光変調器群 2 c、所定周期で繰り返される信号電圧を発生する発振器 3、パワー調整器 4、パワー可変直流電源 5、および位相調整器 6 から構成される。

## 【 0 0 4 8 】

発振器 3 からの信号電圧はパワー調整器 4 で適宜そのパワーを調節されて、マッハツェンダ強度変調器 2 0 に印加される。さらにこの信号電圧は、位相調整器 6 によって両者の時間位置を調整され、かつパワー調整器 4 で適宜そのパワーを調節されて位相変調器 2 8 に印加される。マッハツェンダ強度変調器 2 0 には、パワー可変直流電源 4 からの適宜パワーを調節されたバイアスも印加される。

## 【 0 0 4 9 】

光源 1 からの光は光変調器群 2 c に入射され、光変調器群 2 c による入射光の変調動作は上記信号電圧およびバイアスに基づいて行なわれ、光源光の振幅および／また位相が変調される。

## 【 0 0 5 0 】

本実施形態では、光変調器（マッハツェンダ強度変調器 2 0 と位相変調器 2 8 ）を 2 段直列に配置する構成としたことにより、第 3 および第 4 実施形態と比較して出力光スペクトルの広帯域化を図ることができる。

## 【 0 0 5 1 】

図 9 に、発振器 3 からの所定周期で繰り返される信号電圧として 1 0 G H z の正弦波を用いた場合の本実施形態による実験結果を示す。図 9 に示すように、光源 1 からの光の中心波長を含む 9 チャンネルの信号について、 $< 3 \text{ dB}$  の平坦度を実現できることを観測した。

## 【 0 0 5 2 】

## 〔第 6 実施形態〕

本発明に係る多波長一括発生装置の第 6 実施形態は、第 5 実施形態におけるマッハツェンダ強度変調器 2 0 と位相変調器 2 8 の位置を図 1 0 に示すように入れ換えた構成とされており、第 5 実施形態と同様の変調動作を行なうことができる。

## 【 0 0 5 3 】

この例が示すように、本発明の多波長一括発生装置において互いに直列に結合した光変調器の順序を入れ換えても、得られる出力光スペクトルに影響することはなく、上記実施形態と同様の効果を得ることができる。

## 【 0 0 5 4 】

## 〔第 7 実施形態〕

本発明に係る多波長一括発生装置の第 7 実施形態は、第 5 実施形態におけるマッハツェンダ強度変調器 20 の代わりに、図 11 に示すように電界吸収型強度変調器 200 を用いた光変調器群 2e を備えた構成とされている。本実施形態の多波長一括発生装置によれば、次に示すように第 5 実施形態と同様の動作結果を得ることができた。

## 【0055】

図 12 に、発振器 3 からの所定周期で繰り返される信号電圧として 10GHz の正弦波を用いた場合の本実施形態による実験結果を示す。図 12 に示すように、光源 1 からの光の中心波長を含む 9 チャンネルの信号について、第 5 実施形態（図 9）と同様に < 3 dB の平坦度を実現できることを観測した。

## 【0056】

## 〔第 8 実施形態〕

本発明に係る多波長一括発生装置の第 8 実施形態は、第 5 実施形態における光変調器群 2c の後段に、図 13 に示すようにさらに位相変調器 28a を付加し、これに応じて直列結合したパワー調整器 4 と位相調整器 6 を付加した構成を備えた構成である。すなわち、3 段の光変調器群を備え、1 段目が振幅変調器、2 段目と 3 段目が位相変調器となっている。

## 【0057】

これにより、第 5 乃至第 7 実施形態と比較してさらに広帯域化した出力光スペクトルを得ることができる。

## 【0058】

## 〔第 9 実施形態〕

本発明に係る多波長一括発生装置の第 9 実施形態は、図 14 に示すように、第 5 実施形態における光源 1 とマッハツェンダ強度変調器 20 の間に光分岐器 8 を配置し、マッハツェンダ強度変調器 20 と位相変調器 28 の間に光分岐器 9 を配置し、さらに光分岐器 8 と光分岐器 9 を結合させ、光分岐器 8 の分岐出力に光電気変換器 10 と演算器 11 とコントローラ 12 の縦続回路を結合させた構成を備える。すなわち、マッハツェンダ強度変調器 20 の入力側と出力側にそれぞれ光

分岐器 8, 9 を備える。コントローラ 1 2 は、パワー可変直流電源 5 によるマッハツェンダ強度変調器 2 0 のバイアスをコントロールする。

## 【 0 0 5 9 】

上記構成において、光源 1 からの光を入力側の光分岐器 8 によって分岐した分岐光を出力側の光分岐器 9 に入射し、出力多波長光とは逆方向に透過させてマッハツェンダ強度変調器 2 0 に入射する。この逆方向の透過光はマッハツェンダ強度変調器 2 0 に入射した単一の中心波長を有する光源光と同一の中心波長を有しており、入力側の光分岐器 8 によって取り出されて光電気変換器 1 0 に入射される。そして、光電気変換器 1 0 でモニタされたパワーに応じた電気信号に変換される。演算器 1 1 は、変換された電気信号のレベルと予め設定された目標値との差分を算出する。コントローラ 1 2 は、算出結果を基にパワー可変直流電源 5 の出力パワーを調節し、マッハツェンダ強度変調器 2 0 のバイアス点をコントロールすることで、出力光スペクトルを平坦化することができる。

## 【 0 0 6 0 】

なお、入力側の光分岐器 8 の後段に光サーキュレータ（図示せず）を付加し、光源 1 からの光を分岐する機能を光分岐器 8 に、逆方向の透過光を取り出して光電気変換器 1 0 に入射する機能をこの光サーキュレータに機能分割する構成も可能である。また、出力側の光分岐器 9 として光サーキュレータを用いる構成も可能である。

## 【 0 0 6 1 】

## 〔第 1 0 実施形態〕

本発明に係る多波長一括発生装置の第 1 0 実施形態は、図 1 5 に示すように、第 5 実施形態におけるマッハツェンダ強度変調器 2 0 と位相変調器 2 8 の間に光分岐器 9 を配置し、さらに光分岐器 9 の出力に光電気変換器 1 0 と演算器 1 1 とコントローラ 1 2 の縦続回路を結合させた構成を備える。すなわち、マッハツェンダ強度変調器 2 0 の出力側に光分岐器 9 を備える。コントローラ 1 2 は、パワー可変直流電源 5 によるマッハツェンダ強度変調器 2 0 のバイアスをコントロールする。

## 【 0 0 6 2 】

上記構成において、光分岐器 9 によって分岐したマッハツェンダ強度変調器 20 からの出力光は光電気変換器 10 に入射され、ここでモニタされたパワーに応じた電気信号に変換される。演算器 11 は、変換された電気信号のレベルと予め設定された目標値との差分を算出する。コントローラ 12 は、算出結果を基にパワー可変直流電源 5 の出力パワーを調節し、マッハツェンダ強度変調器 20 のバイアス点をコントロールすることで、出力光スペクトルを平坦化することができる。

## 【0063】

## 〔第 11 実施形態〕

図 16 は本発明に係る多波長一括発生装置の第 11 実施形態を示す構成図である。

本実施形態に係る多波長一括発生装置では、それぞれ異なる単一の中心波長の光を発生する  $2n$  ( $n$  は 1 以上の自然数) 個のレーザからの光源光を 2 分割して 2 系統の処理を行ない、各処理結果を合波して最終的な多重出力を得る構成とされている。以下、この構成および動作について詳細に説明する。

## 【0064】

図 16 において、 $16_1, 16_2, 16_3, 16_4, \dots, 16_{2n-1}, 16_{2n}$  はレーザ発光素子であり、それぞれ単一の中心波長で発光し、それぞれの中心波長は異なっており、周波数軸上で添え字の番号順に等間隔で並んでいる。 $1600$  は光合波器であり、奇数番目のレーザ発光素子による光を合波する。 $1610$  は光合波器であり、光合波器  $1600$  とは独立に偶数番目のレーザ発光素子による光を合波する。光合波器  $1600, 1610$  は光カプラとすることもできる。

## 【0065】

図 17 (a) は  $n=8$  のときの光合波器  $1600$  からの出力光スペクトルの測定結果を、図 17 (b) は  $n=8$  のときの光合波器  $1610$  からの出力光スペクトルの測定結果を示しており、8 つの光源光が周波数軸上で等間隔となっていることがわかる。また、各光源光のパワーが略同一であることもわかる。

## 【0066】

このようなスペクトルを持った各光合波器出力光は、その一方が多波長一括発

生装置 (IM/PM) 1620 に入射され、もう一方が多波長一括発生装置 (IM/PM) 1630 に入射される。多波長一括発生装置 1620, 1630 には例えば第 5 実施形態における多波長一括発生装置 (図 8 参照) と同様の構成を用いることができ、それぞれはマッハツェンダ強度変調器と位相変調器からなる光変調器群、パワー調整器、パワー可変直流電源、および位相調整器 (図 8 参照) を備え、発振器 1640, 1650 からの所定周期で繰り返される信号電圧を入力される。なお、第 1 乃至第 10 実施形態に開示された別の構成の多波長一括発生装置を用いることもできる。

#### 【0067】

したがって、例えば  $n = 8$  のときの測定結果によれば、多波長一括発生装置 1620 からの出力光スペクトルは平坦化されて図 18 (a) の通りとなり、多波長一括発生装置 1630 からの出力光スペクトルも平坦化されて図 18 (b) の通りになる。

#### 【0068】

次に、多波長一括発生装置 1620 からの出力光は分波器 1660 において波長毎に分波された後、合波器 1680 において合波される。また、多波長一括発生装置 1630 からの出力光は分波器 1670 において波長毎に分波された後、合波器 1690 において合波される。両合波器によって合波された光は光カプラ 1700 によって互いに合波される。

#### 【0069】

図 18 (a), (b) に示した光を分波器 1660, 1670 に入射した場合、光カプラ 1700 からの出力光スペクトルの測定結果は図 19 に示した通りとなり、単一波長の光源光を変調した上記各実施形態と比べて多くの WDM 信号を発生させることができ、出力光スペクトルをより広帯域化できる効果がある。

#### 【0070】

##### [第 11 実施形態の修正例]

上記第 11 実施形態において一括して多波長光を得た場合には、要素 1600 ~ 1680 からなる系統と要素 1610 ~ 1690 からなる系統の間で、クロストークによる影響が問題になることが考えられる。

## 【0071】

そこで本修正例では、分波器1660および1670の各出力ポート $17_1$ ,  $17_3$ , ...,  $17_{2n-1}$ および $17_2$ ,  $17_4$ , ...,  $17_{2n}$ についてレーザ発光素子 $16_1$ ,  $16_3$ , ...,  $16_{2n-1}$ および $16_2$ ,  $16_4$ , ...,  $16_{2n}$ の中心波長毎に抜き出すようにすることで、多波長一括発生装置1620および1630からの変調出力のうち、最終的に信号光としては不要となるサイドモードを合分波器（分波器1660と合波器1680, 分波器1670と合波器1690）によって削除するようにした。

## 【0072】

これにより、例えば $n=8$ のときは、図18(a)中の太棒 $18_1$ ,  $18_3$ ,  $18_5$ ,  $18_7$ で示した各領域を削除された光が合波器1680の出力に得られる。また、図18(a)中の太棒 $18_2$ ,  $18_4$ ,  $18_6$ ,  $18_8$ で示した各領域を削除された光が合波器1690の出力に得られる。両合波器出力において、これら各領域における光パワーは0となる（図示せず）ため、最終的に光カプラ1700によって合波して得られる光出力WDM信号は、2系統間のクロストークを除去したものとすることができる。

## 【0073】

## 【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、互いに直列に結合しており単一の中心波長を有する入射光が入力される光パスを含んだ複数の光パスの所定位置に配置された一つ以上の光変調手段を持った変調部と、所定周期の信号電圧を独立に調整して前記光変調手段の入力ポートに印加する複数の電圧印加手段とを備えた構成において、調整されて印加された信号電圧と信号電圧の所定周期に応じて入射光を平坦化した多波長光を発生するので、複雑な光回路の設計を行うことなく、簡易かつ低コストな構成で、平坦な光スペクトルを有する多波長光であるWDM信号を発生することができる効果がある。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明に係る多波長一括発生装置の原理構成図である。

【図 2】

本発明に係る多波長一括発生装置の第 1 実施形態を示す構成図である。

【図 3】

本発明に係る多波長一括発生装置の第 1 実施形態により光スペクトルの平坦化が実現可能であることを説明する波形図である。

【図 4】

本発明に係る多波長一括発生装置の第 1 実施形態により光スペクトルの平坦化が実現可能であることを説明する波形図である。

【図 5】

本発明に係る多波長一括発生装置の第 2 実施形態を示す構成図である。

【図 6】

本発明に係る多波長一括発生装置の第 3 実施形態を示す構成図である。

【図 7】

本発明に係る多波長一括発生装置の第 4 実施形態を示す構成図である。

【図 8】

本発明に係る多波長一括発生装置の第 5 実施形態を示す構成図である。

【図 9】

本発明に係る多波長一括発生装置の第 5 実施形態による実験結果を示す波形図である。

【図 1 0】

本発明に係る多波長一括発生装置の第 6 実施形態を示す構成図である。

【図 1 1】

本発明に係る多波長一括発生装置の第 7 実施形態を示す構成図である。

【図 1 2】

本発明に係る多波長一括発生装置の第 7 実施形態による実験結果を示す波形図である。

【図 1 3】

本発明に係る多波長一括発生装置の第 8 実施形態を示す構成図である。

【図 1 4】



本発明に係る多波長一括発生装置の第9実施形態を示す構成図である。

【図15】

本発明に係る多波長一括発生装置の第10実施形態を示す構成図である。

【図16】

本発明に係る多波長一括発生装置の第11実施形態を示す構成図である。

【図17】

本発明に係る多波長一括発生装置の第11実施形態による実験結果を示す波形図である。

【図18】

本発明に係る多波長一括発生装置の第11実施形態による実験結果とその修正例の動作を説明する波形図である。

【図19】

本発明に係る多波長一括発生装置の第11実施形態による実験結果を示す波形図である。

【符号の説明】

- 1 光源
- 2, 2a, 2e, 2c 光変調器群
- 3, 1640, 1650 発振器
- 3a 正弦波発振器
- 4 パワー調整器
- 5 パワー可変直流電源
- 6 位相調整器
- 7 通倍器
- 8, 9 光分岐器
- 10 光電気変換器
- 11 演算器
- 12 コントローラ
- $16_1, 16_2, 16_3, 16_4, \dots, 16_{2n-1}, 16_{2n}$  レーザ発光素子
- $17_1, \dots, 17_8$  削除される周波数領域

2 0 マッハツェンダ強度変調器

2 5 振幅変調部

2 8 位相変調器

2 0 0 電界吸収型強度変調器

1 6 0 0, 1 6 1 0 光合波器 (光カプラ)

1 6 2 0, 1 6 3 0 多波長一括発生装置 (I M / P M)

1 6 6 0, 1 6 7 0 分波器

1 6 8 0, 1 6 9 0 合波器

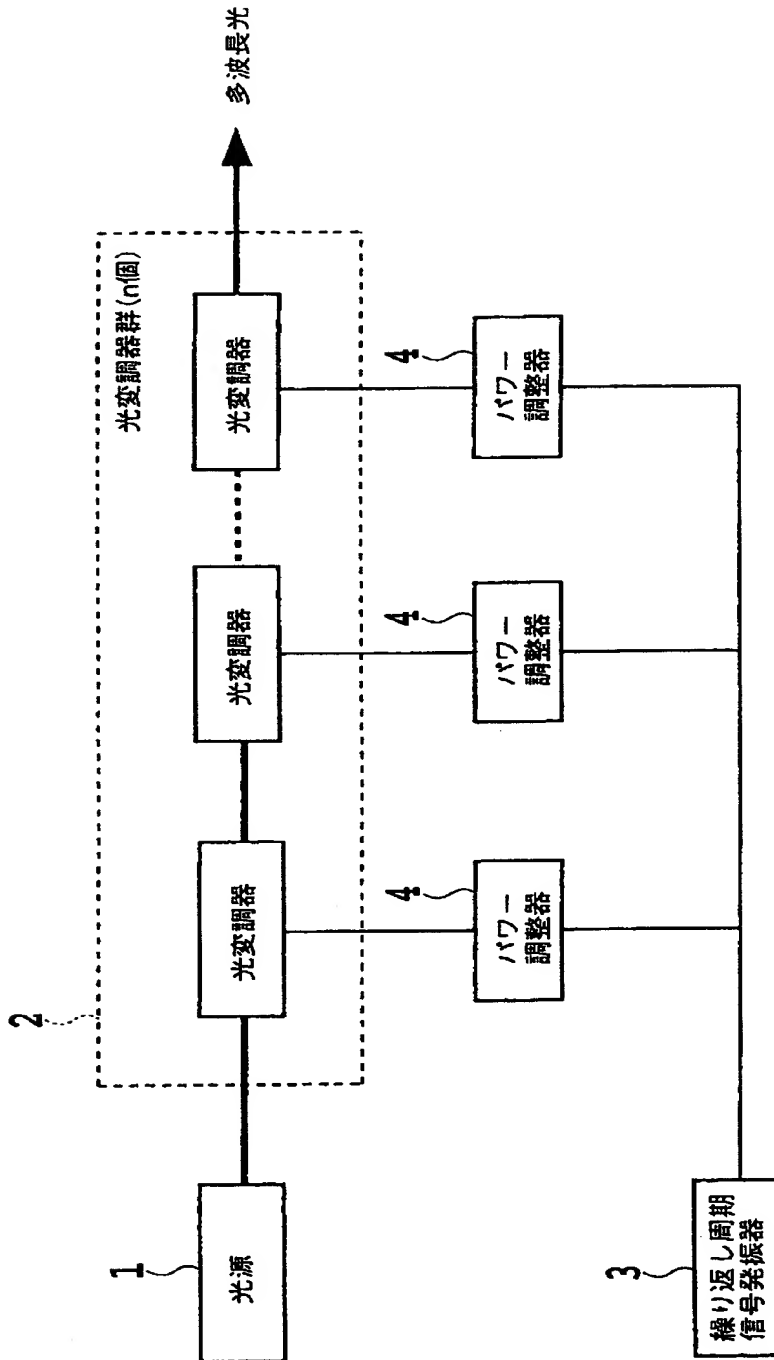
1 7 0 0 光カプラ

【書類名】

図面

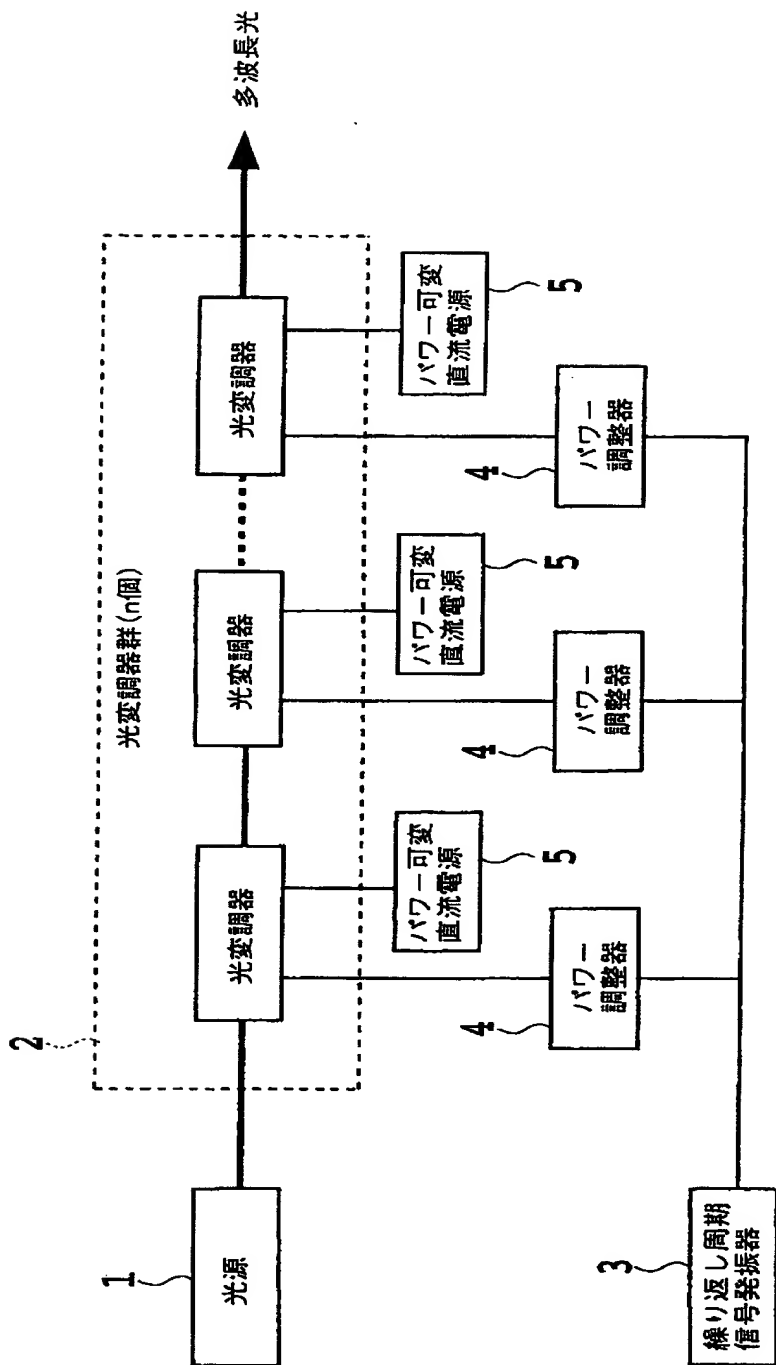
【図1】

本発明の多波長一括発生装置



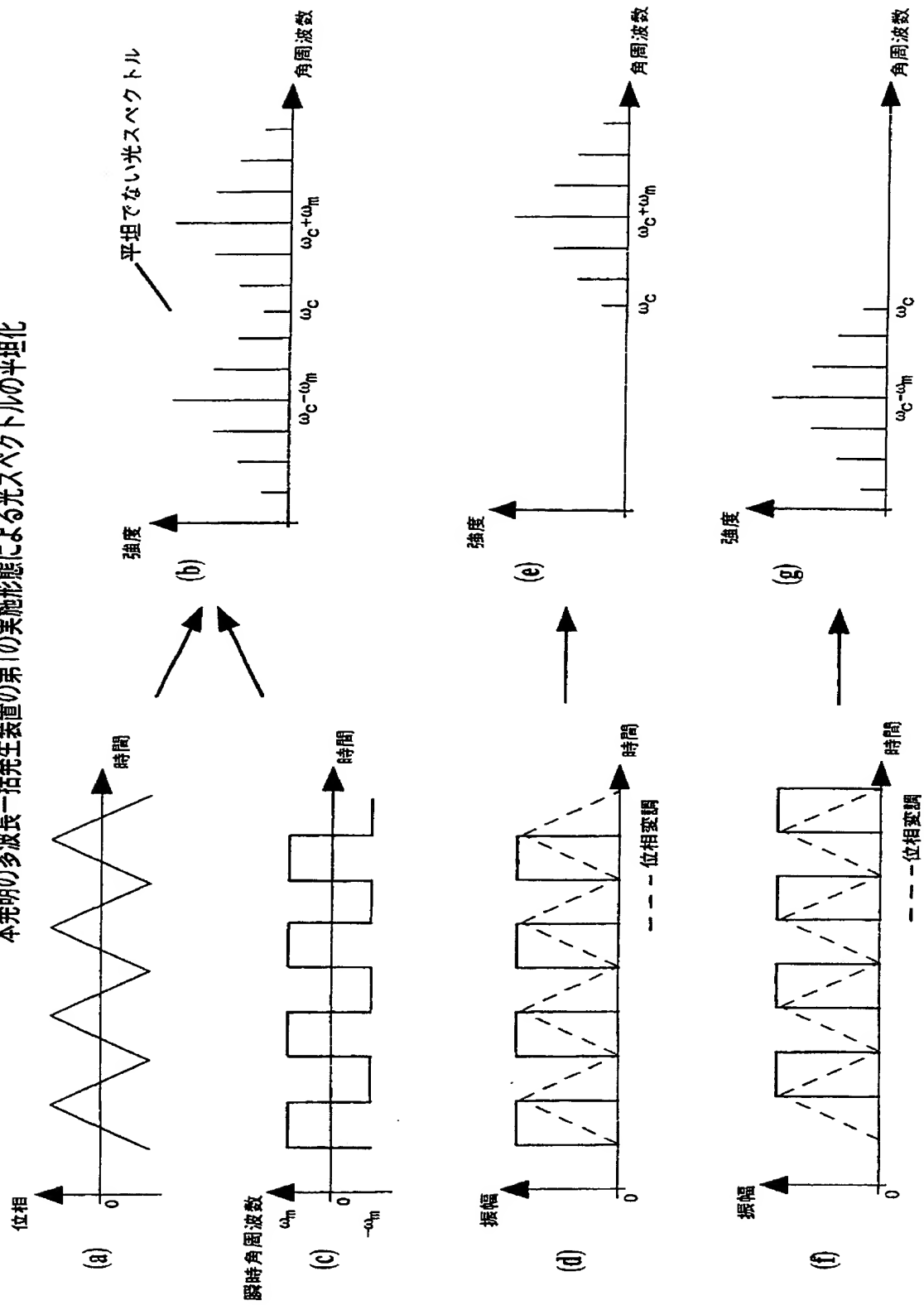
【図 2】

第1の実施形態

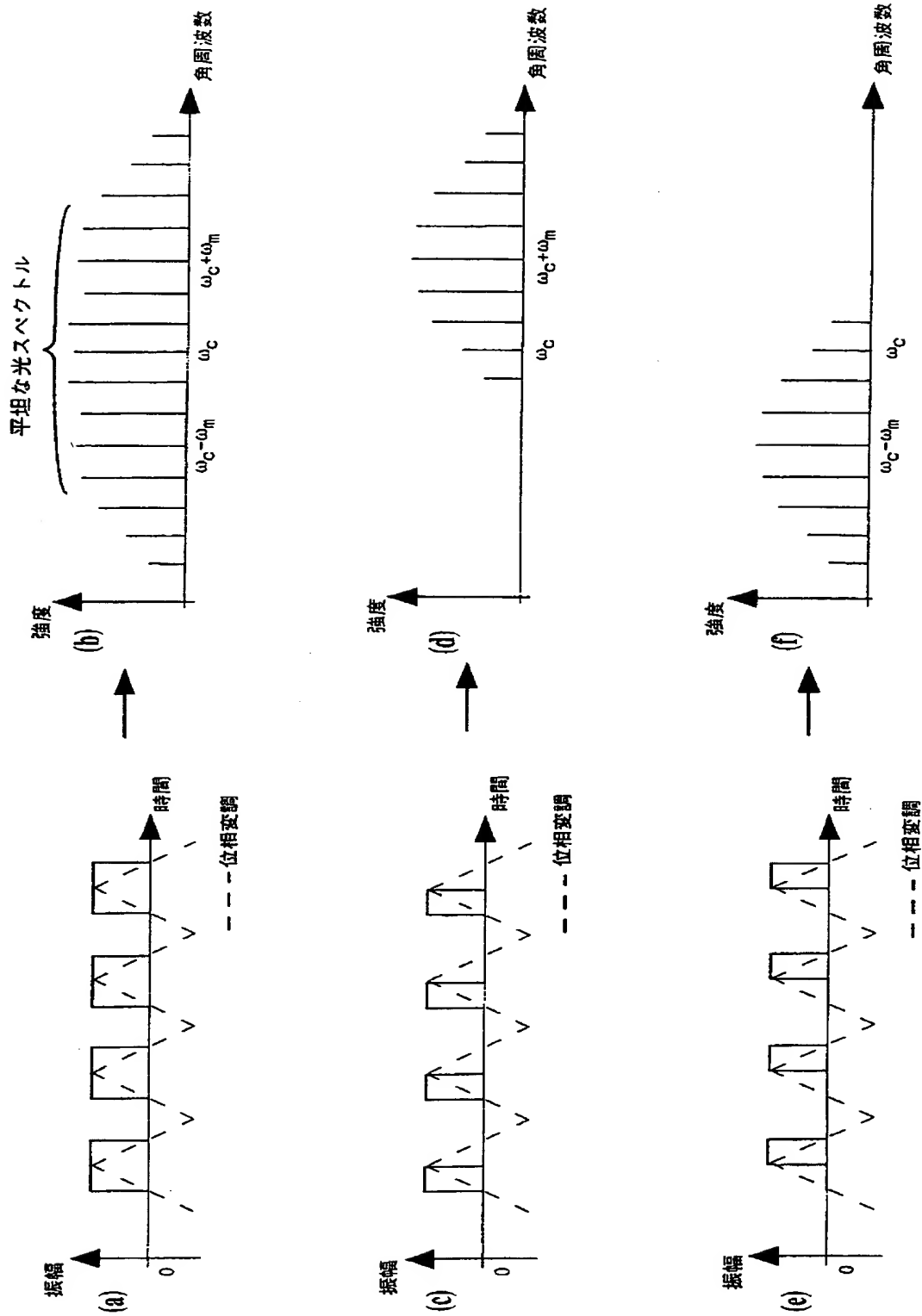


【図 3】

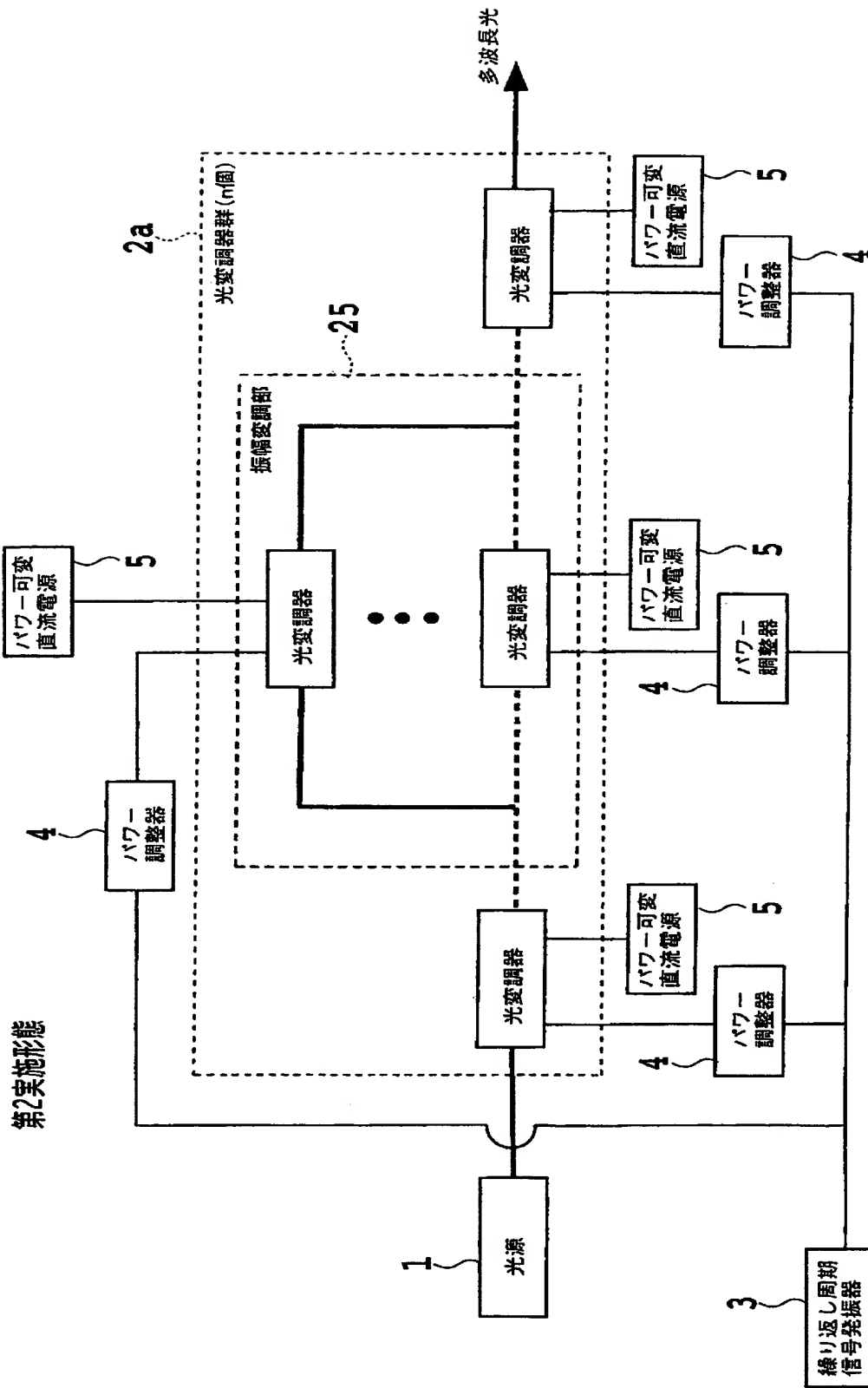
本発明の多波長一括発生装置の第1の実施形態による光スペクトルの平坦化



【図4】

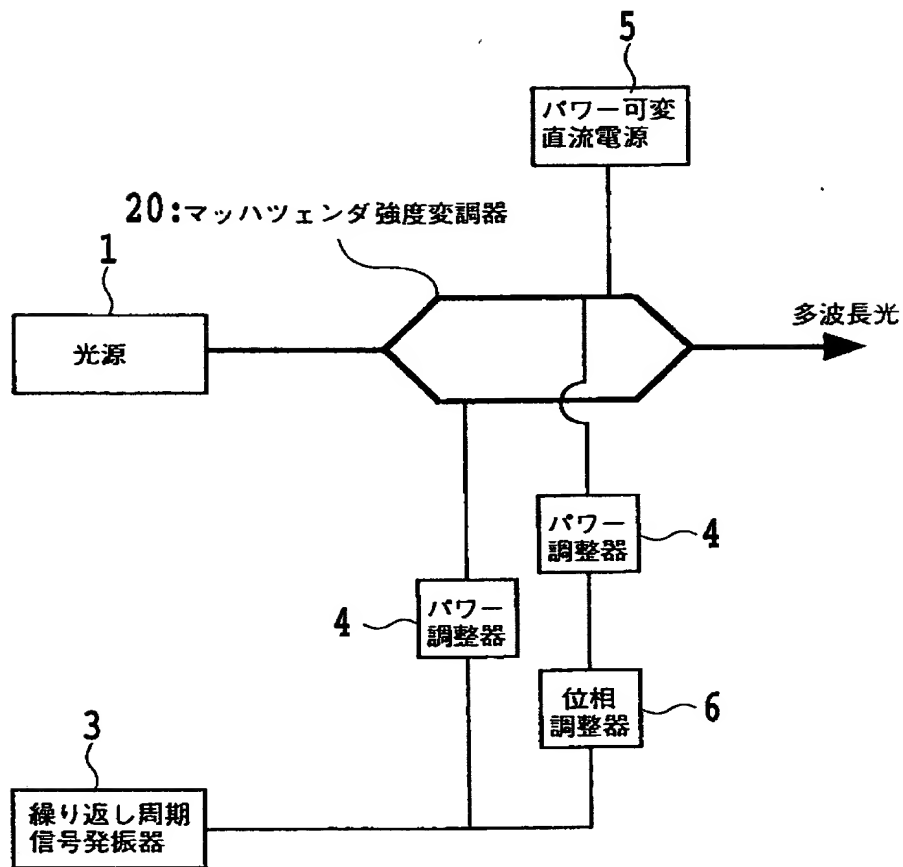


【図 5】



【図 6】

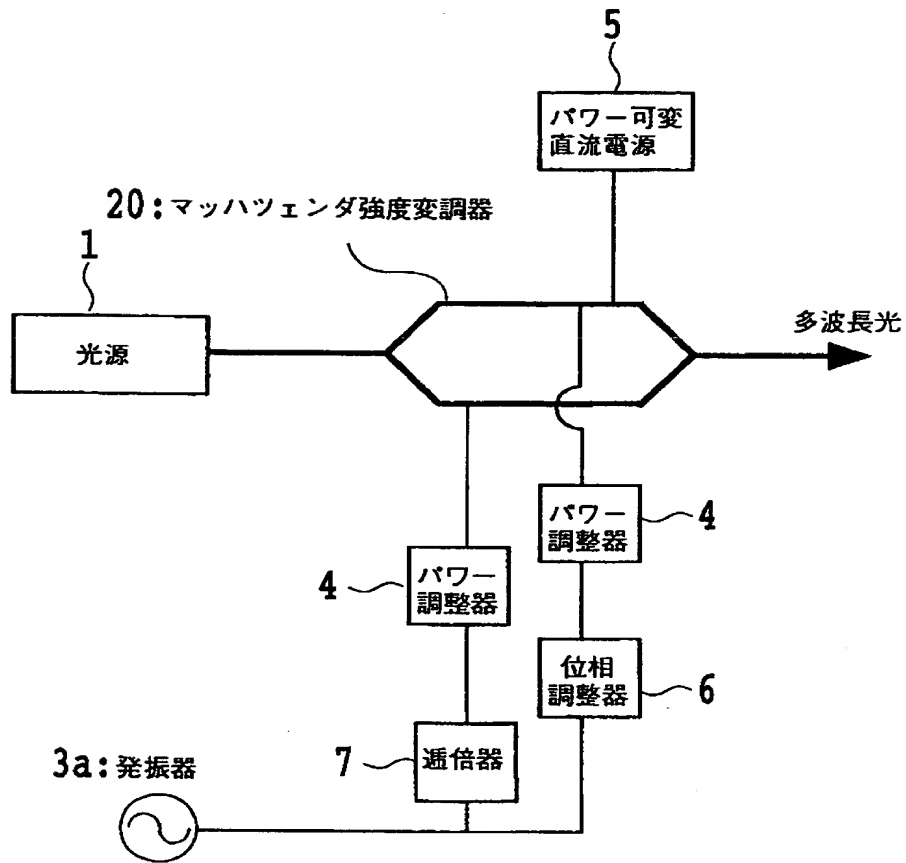
第3実施形態





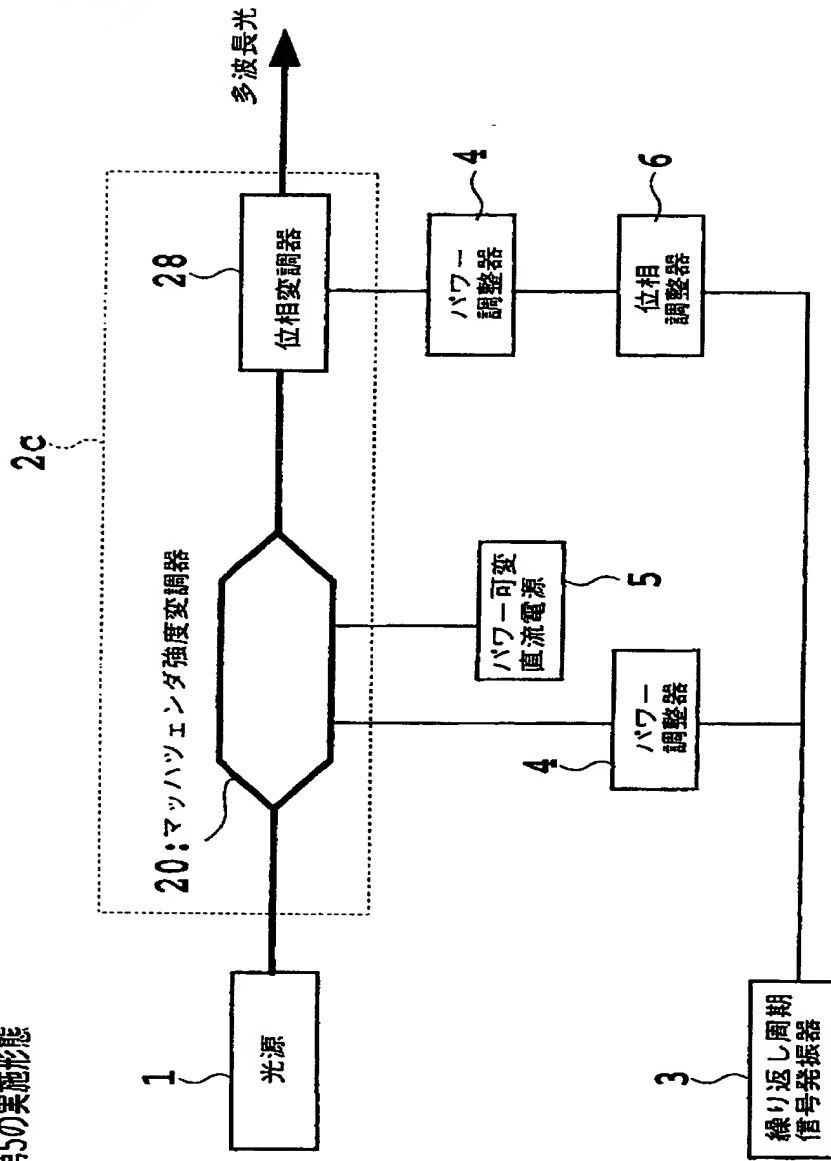
【図 7】

第4実施形態



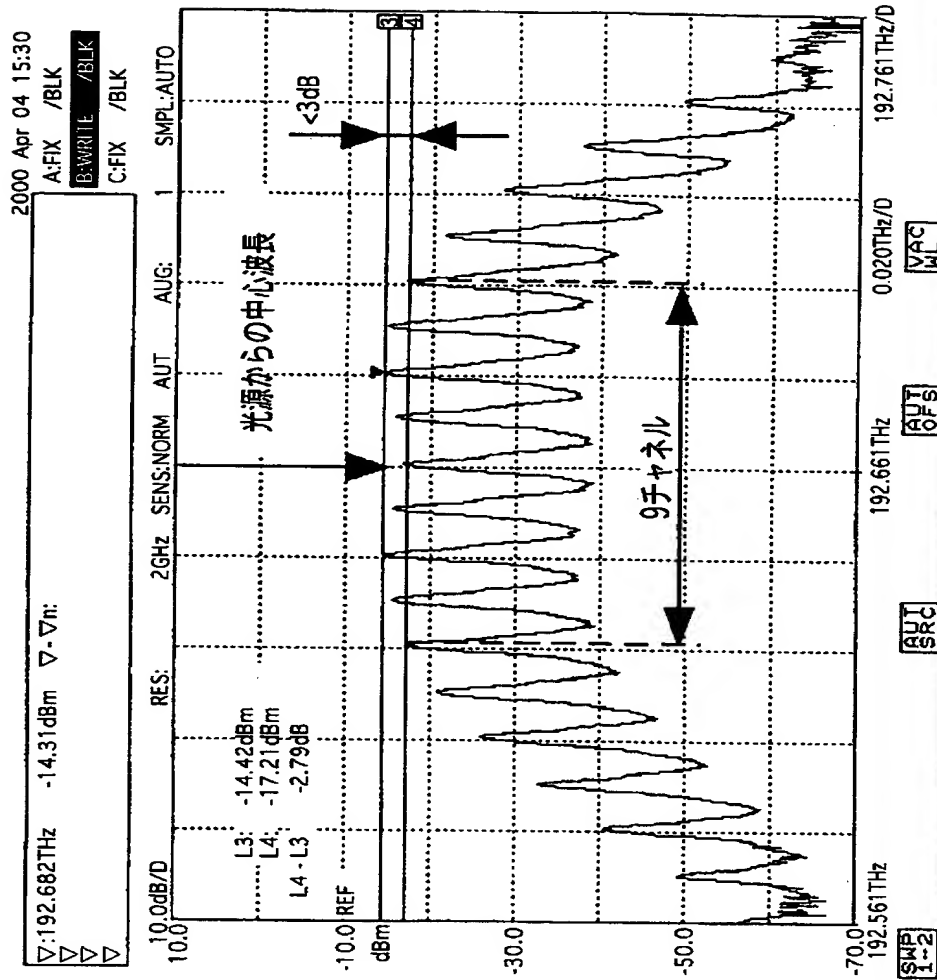
【図8】

第5の実施形態



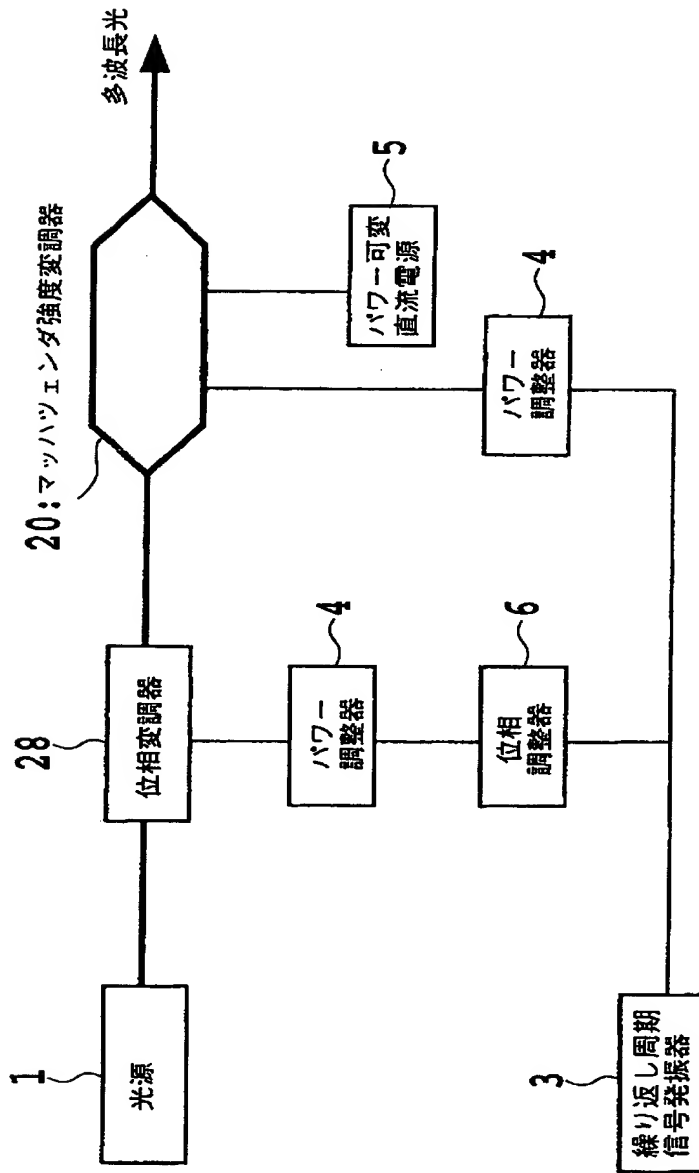
【図9】

マッハツェンダ強度変調器を用いた第5実施形態による実験結果

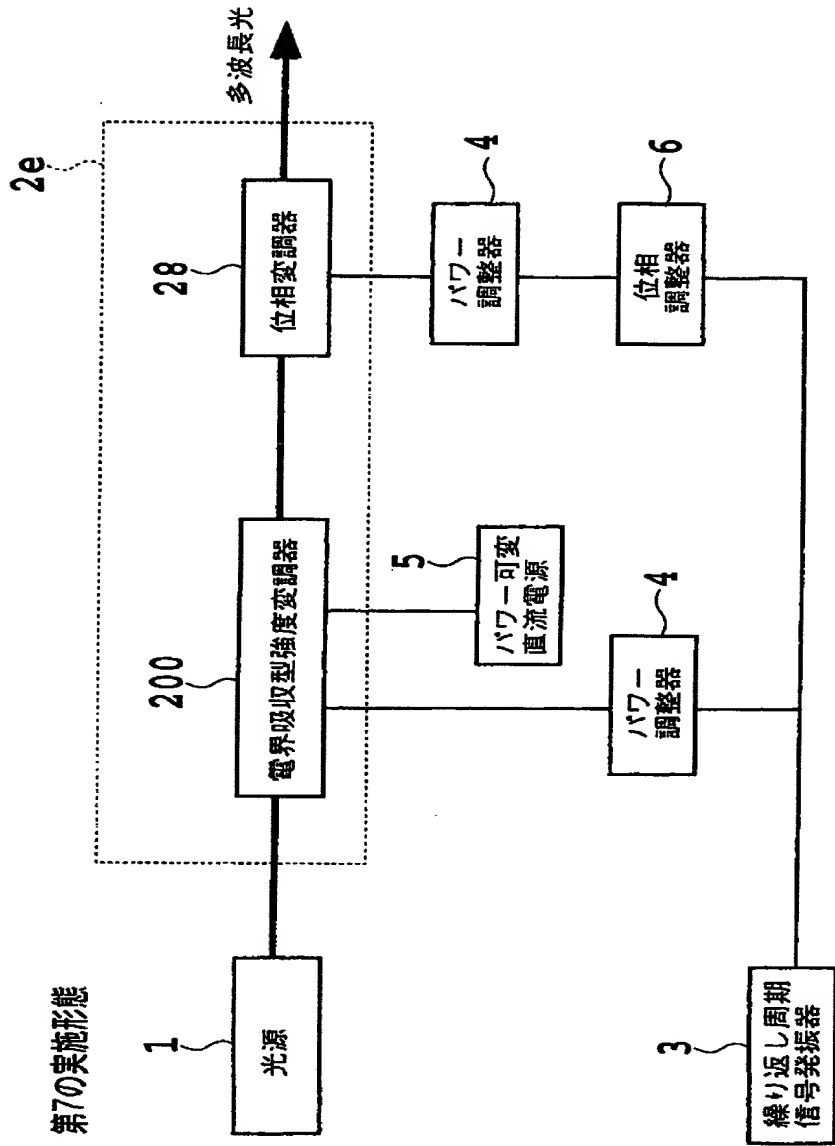


【図10】

第6実施形態



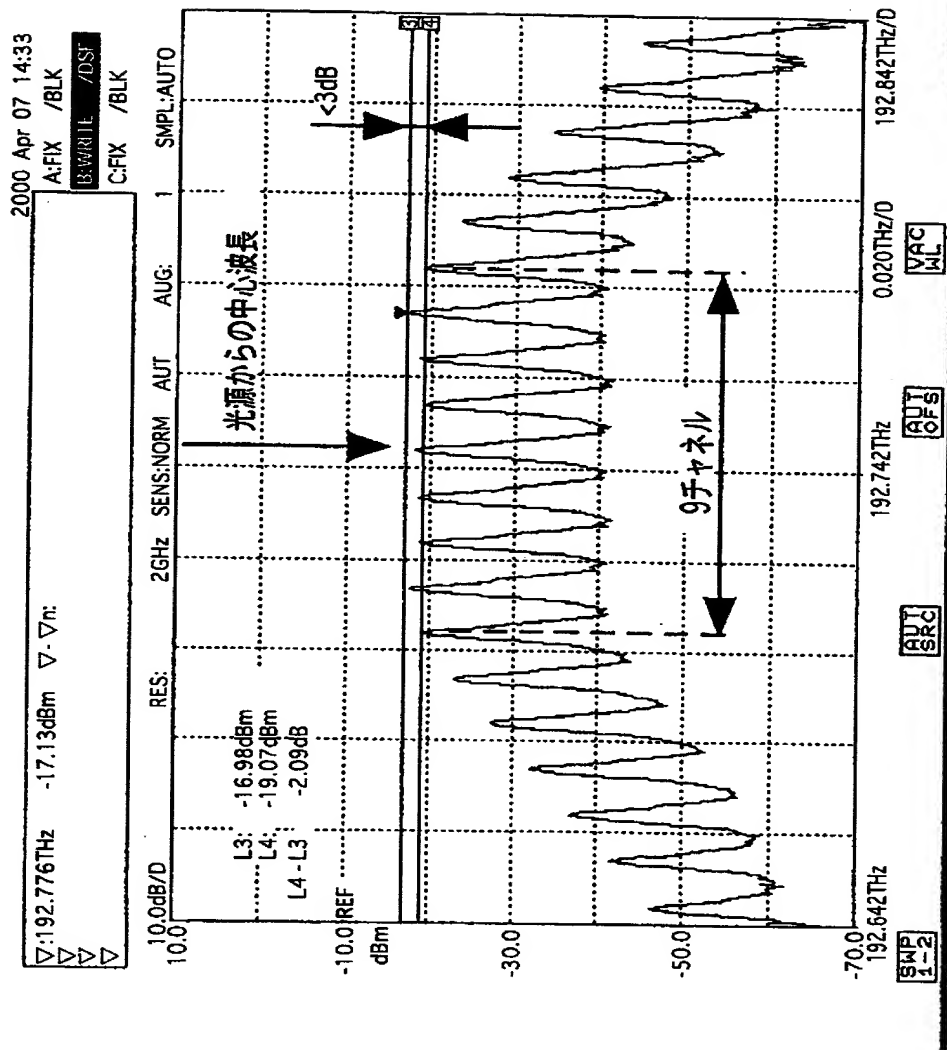
【図11】



第7の実施形態

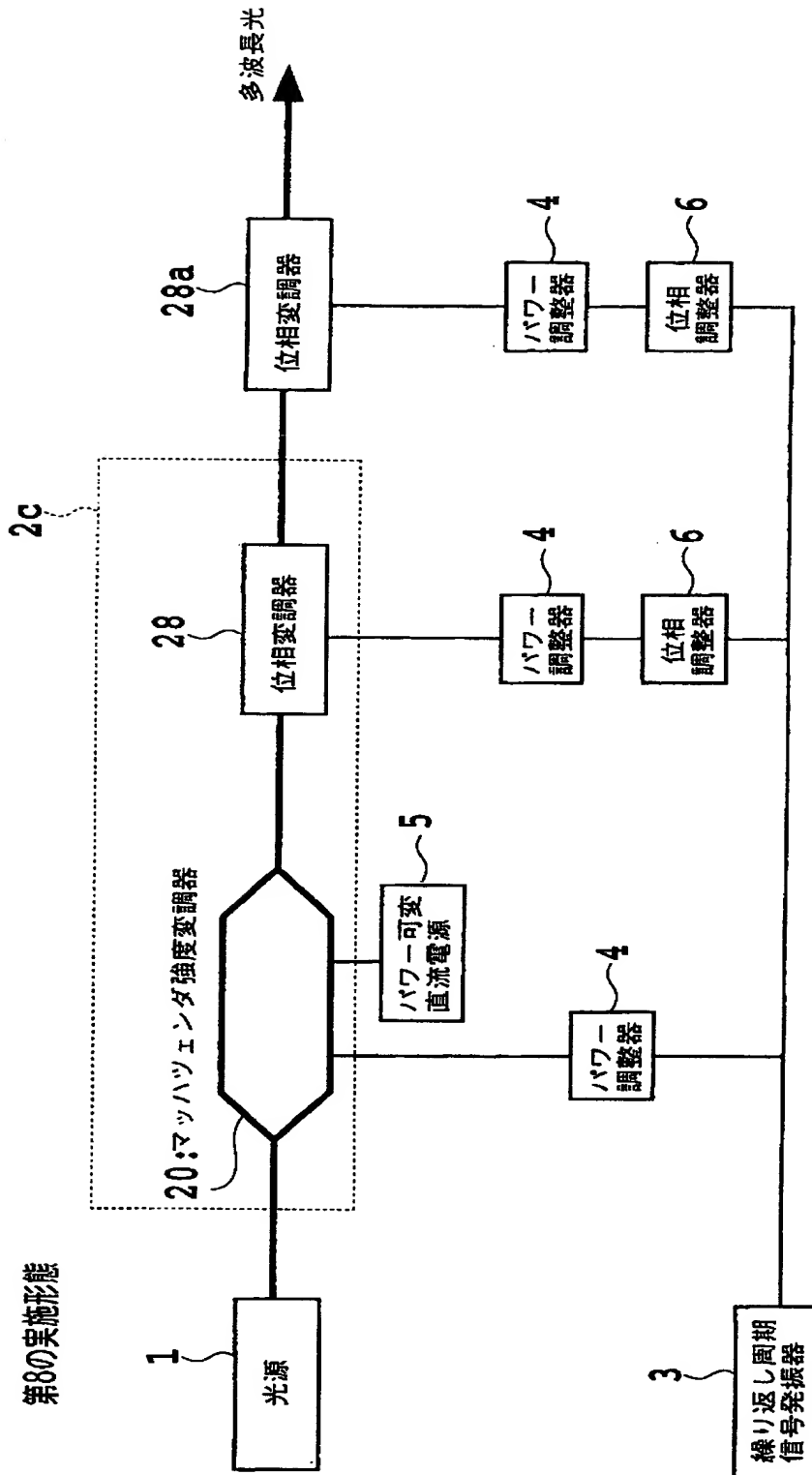
【図 12】

電界吸収強度変調器を用いた第7実施形態による実験結果



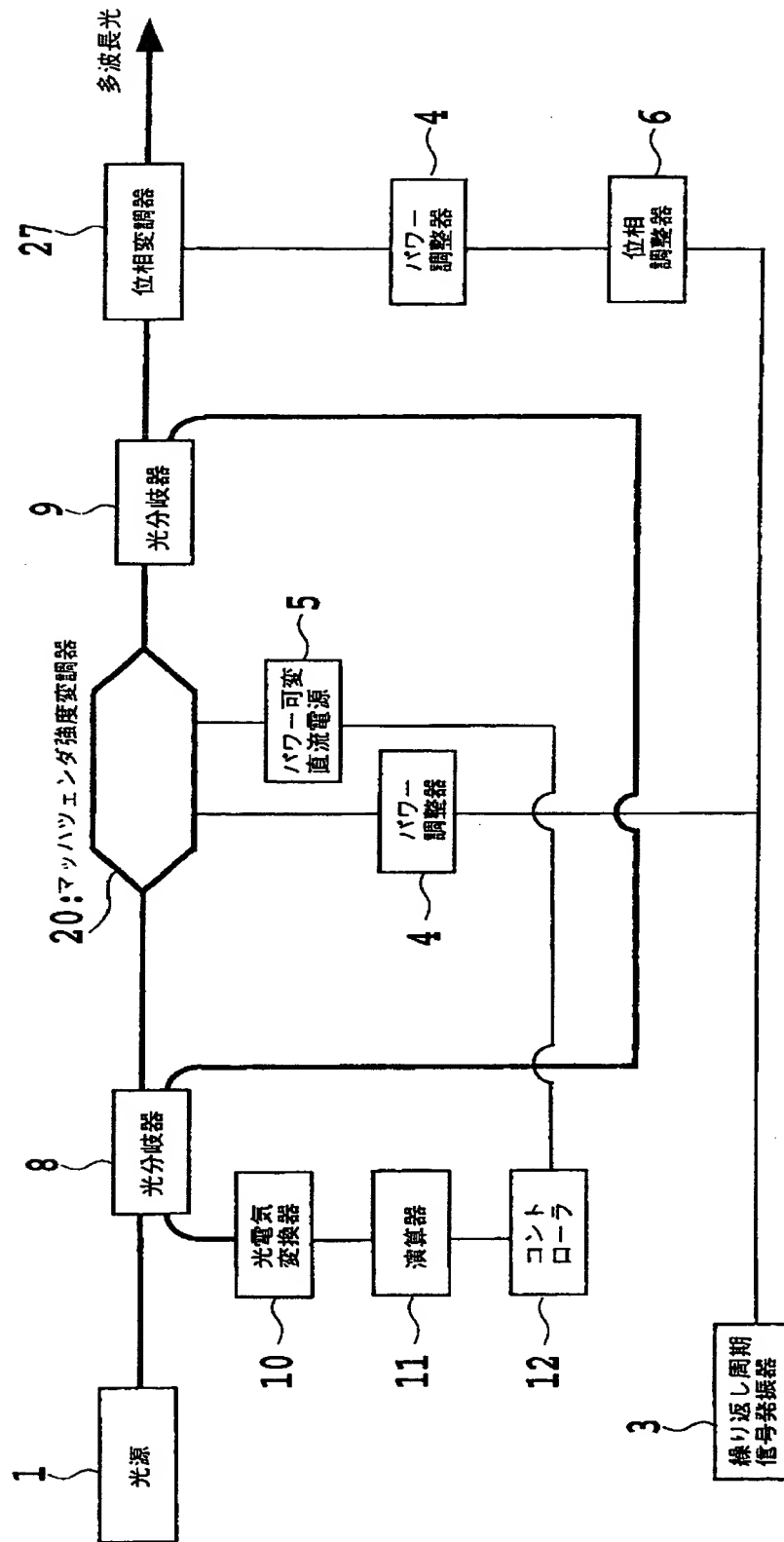
【図13】

第8の実施形態



## 第9章 实施形態

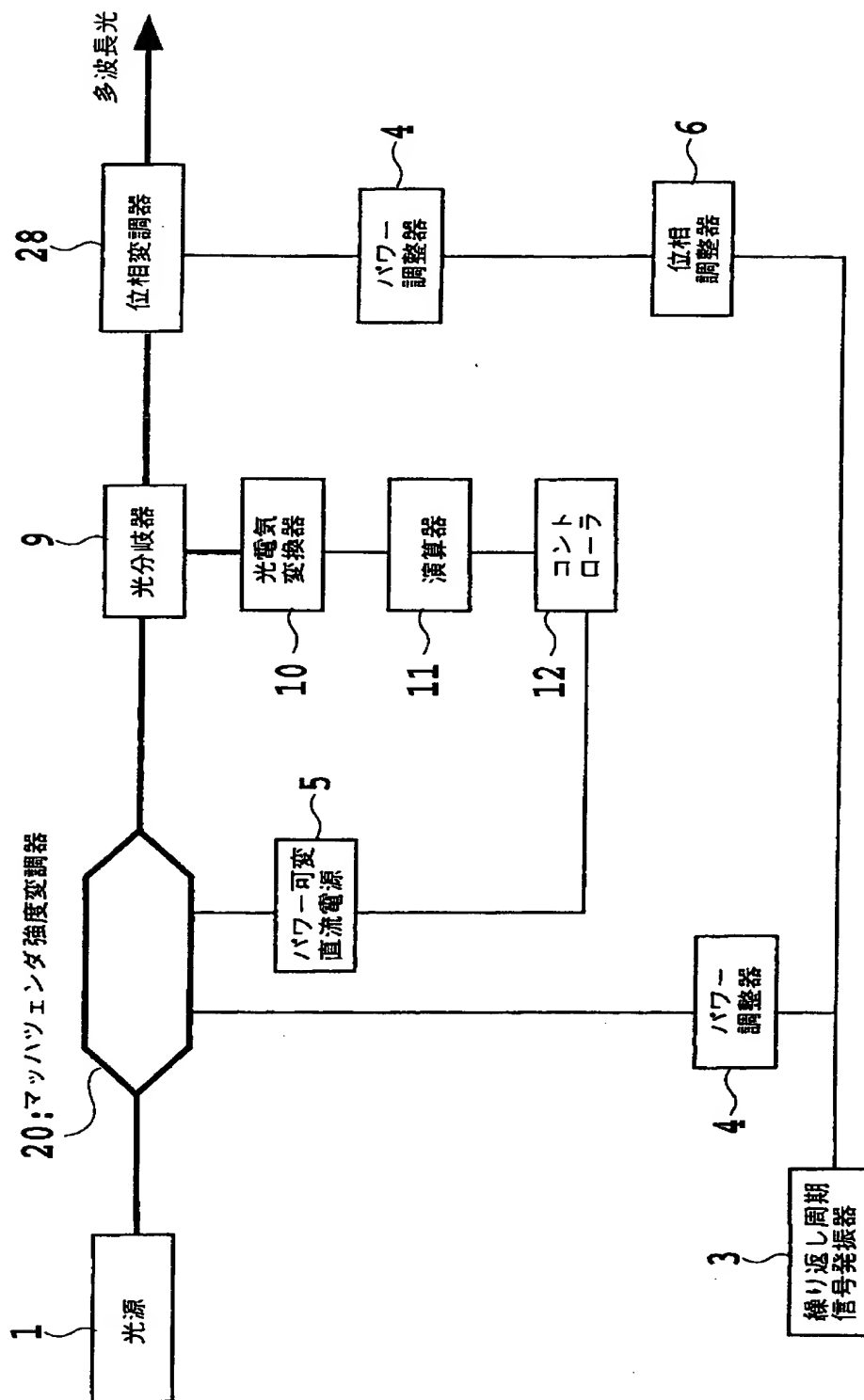
【図 14】





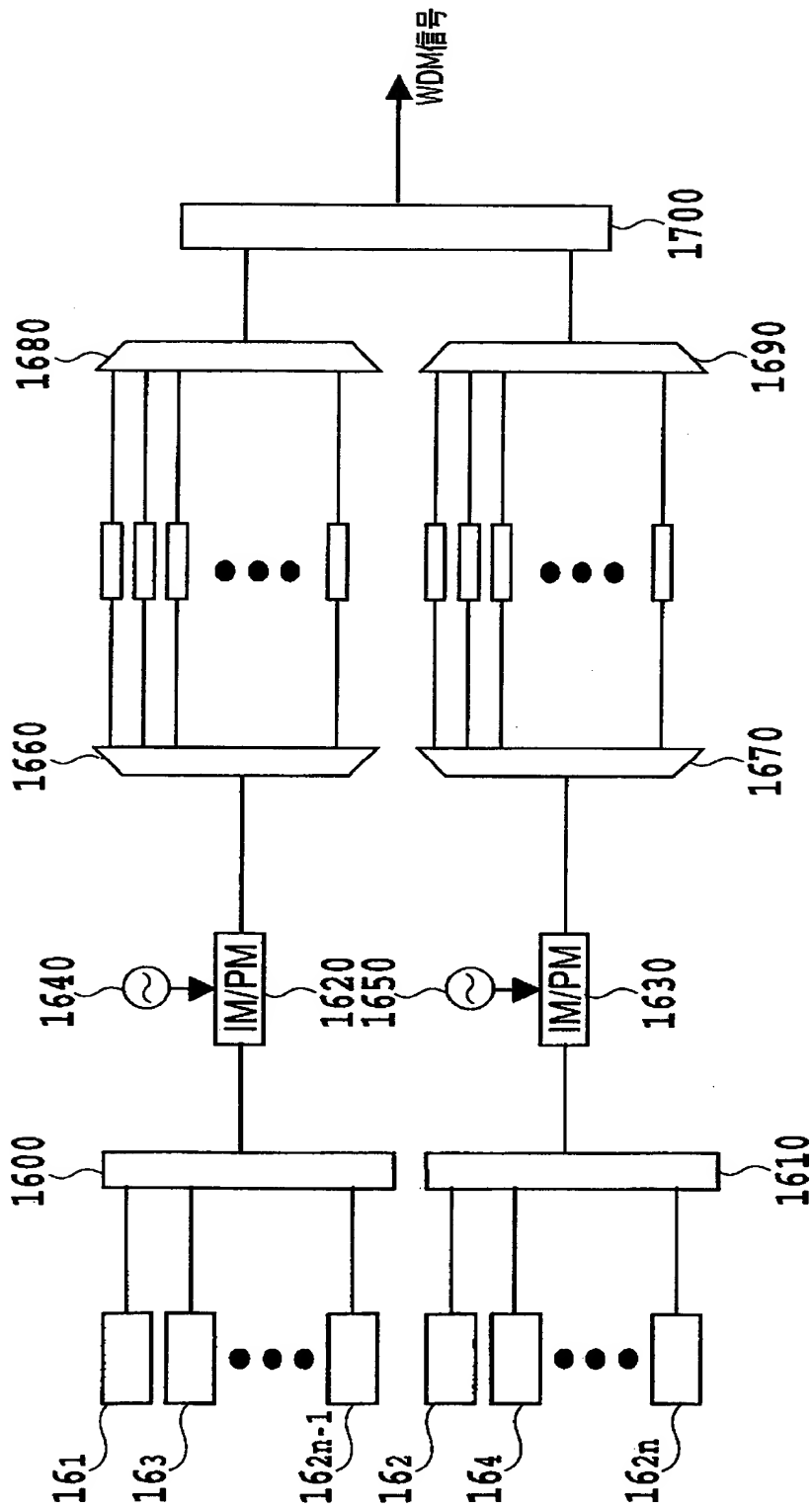
【図15】

第10実施形態



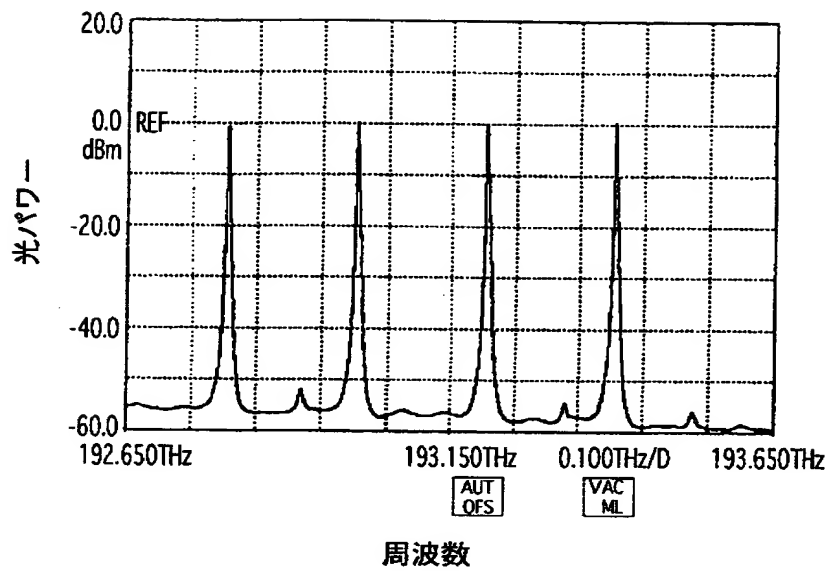
【図 16】

第11実施形態

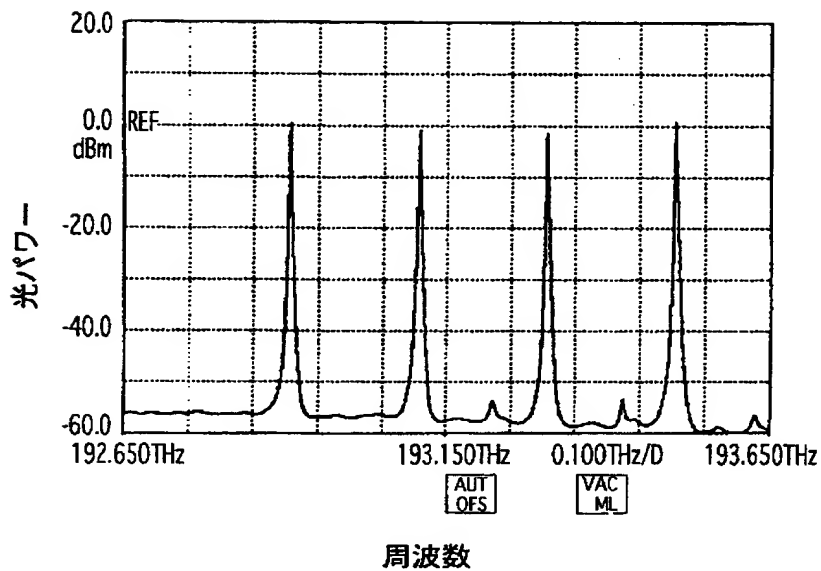


【図 17】

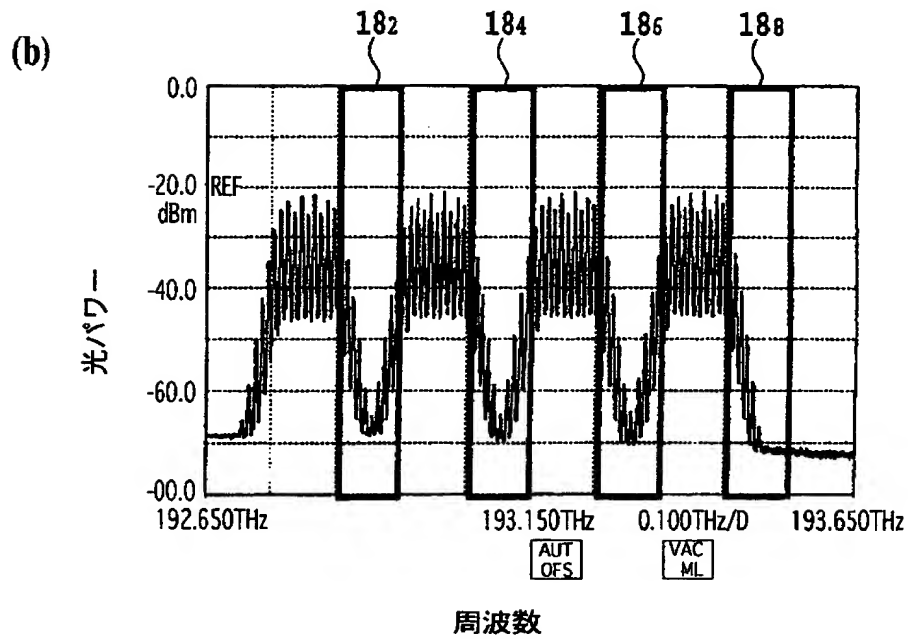
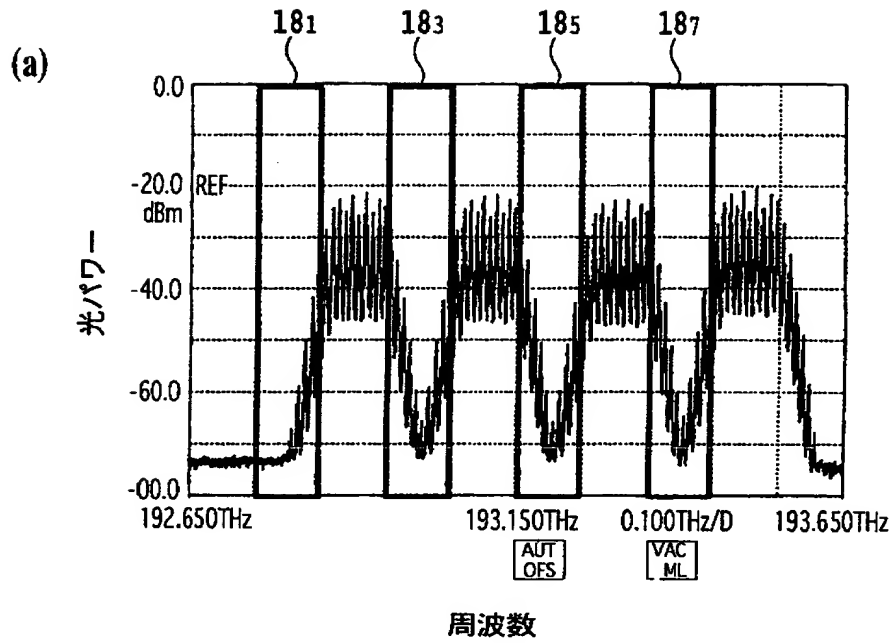
(a)



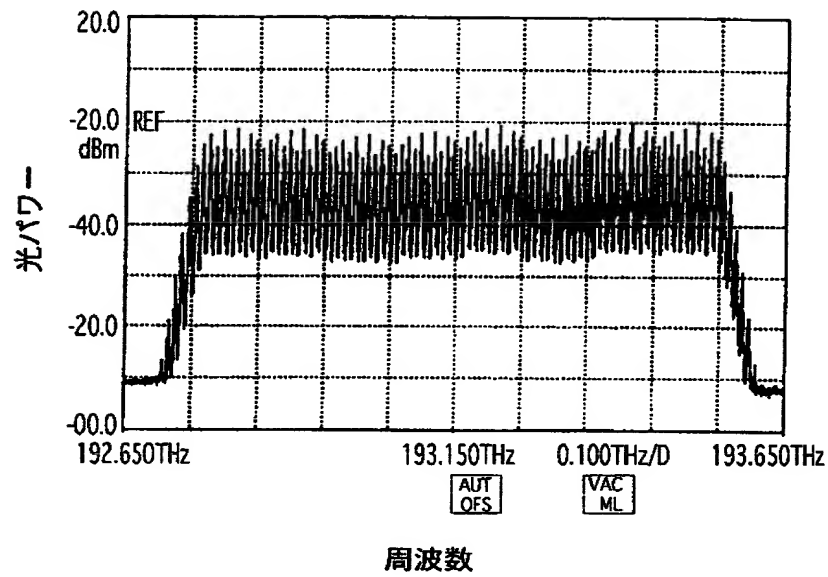
(b)



【図 18】



【図 19】



【書類名】            要約書

【要約】

【課題】    多波長一括発生装置に関し、簡易かつ低コストな構成で、光スペクトルの平坦化されたWDM信号を発生すること。

【解決手段】    互いに直列に結合しており単一の中心波長を有する入射光が入力される光パスを含んだ複数の光パスの所定位置に配置された一つ以上の光変調器を持った光変調器群2と、所定周期の信号電圧を独立に調整して各光変調器の入力ポートに印加する複数のパワー調整器4を備えた。

【選択図】            図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日 1999年 7月15日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都千代田区大手町二丁目3番1号  
氏 名 日本電信電話株式会社